

## **Plantas do Neogénico e paleoclimas. Evidências em Portugal**

### ***Neogene plants and paleoclimates. Evidences from Portugal***

**João Pais**

Centro de Investigação em Ciência e Engenharia Geológica, Departamento de Ciências da Terra, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Quinta da Torre, 2829-516 Caparica (Portugal). jpp@fct.unl.pt.

#### **Resumo**

Os macrorrestos de plantas e os palinomorfos fornecem dados importantes para a caracterização das mudanças dos climas em Portugal no decurso do Neogénico.

No Miocénico, a vegetação indica descida progressiva da temperatura e da humidade médias. Verificam-se variações para ambientes mais secos, em especial nos intervalos de baixo nível marinho (Burdigaliano inferior e superior; Tortoniano). No Langhiano registou-se episódio de aridez. No Burdigaliano médio e no Serravaliano, em correlação com episódios de nível marinho alto, a vegetação sugere clima húmido.

No que diz respeito ao Pliocénico, a evolução climática manifesta influências atlânticas e mediterrâneas. As mudanças climáticas foram moderadas, e essencialmente controladas pela humidade. Houve reaquecimento relativamente ao Miocénico superior, com flutuações, no Zancleano. Seguiram-se descida de temperatura e humidade no Placenciano inferior; novo acréscimo de temperatura no Placenciano médio; e degradação climática progressiva, conducente ao estabelecimento do regime mediterrânico. Regista-se diminuição progressiva das ocorrências de táxones termófilos ao longo do Pliocénico, a par do acréscimo de formas mediterrânicas. Aos primeiros episódios frios do Pliocénico superior corresponde o desenvolvimento de ambientes de estepe.

**Palavras-chave:** macrorrestos, pólenes, esporos, vegetação, Neogénico, Portugal.

#### **Abstract**

Plant remains and the palynological record provide important data on the climate evolution in Portugal during Miocene and Pliocene.

During the Miocene, the vegetation shows a progressive decrease in the average temperature and humidity. There were shifts to drier environments, mainly during low sea levels (Lower and Upper Burdigalian; Tortonian). An arid event has even been recorded in Langhian times. Otherwise, high sea levels correspond to humid climate events, as in the Middle Burdigalian and Serravallian.

As far as Pliocene is concerned, climate evolution has been controlled by Atlantic and Mediterranean influences. The climatic changes were moderate and mostly controlled by humidity. In comparison to late Miocene times, there was in Zanclean times some warming with fluctuations, followed by a temperature and humidity decrease during Piacenzian. A new warming did occur in the Middle Piacenzian ensued by a climate deterioration into the setting up of a Mediterranean regime. Palynology allows the recognition throughout the Pliocene of a decrease of thermal arboreal taxa as well as an increase of Mediterranean elements.

**Key-words:** plant macroremains, pollen, spores, vegetation, Neogene, Portugal.

## **Introdução**

As unidade miocénicas e pliocénicas estão bem representadas em Portugal. As Bacias do Baixo Tejo, Mondego e Alvalade, a plataforma algarvia e pequenas depressões preenchidas por depósitos cenozóicos, ocupam áreas importantes (Fig. 1). O Miocénico está bem representado, em especial, no sector distal da Bacia do Baixo Tejo (BBT). Na região de Lisboa ocorrem depósitos marinhos e continentais intercalados, os últimos ricos de fósseis de plantas e de animais. Mais para NE, no Ribatejo, depósitos continentais com alguns níveis salobros são, em boa parte, correlacionáveis com os marinhos da região de Lisboa (Antunes *et al.*, 2000; Pais, 2004).

Os dados referentes à vegetação miocénica provêm, essencialmente, da região de Lisboa-Almada (sector distal da BBT) para o Miocénico inferior, e do Ribatejo (sector intermédio da BBT) para os depósitos do Miocénico superior (Antunes *et al.*, 2000; Pais, 2004; Legoinha *et al.*, 2004). São frequentes os fósseis de plantas. Muitas jazidas estão bem enquadradas do ponto de vista lito e cronostratigráfico. Alguns depósitos forneceram carófitas, troncos, folhas, sementes e esporomorfos, bem como moluscos, peixes, répteis e mamíferos.

O. Heer (1880, 1881) foi o primeiro a estudar macrorrestos de plantas do Miocénico português; seguiu-se C. Teixeira (1942a, 1942b, 1944a, 1944b, 1944c, 1944-1947, 1946, 1947a, 1947b, 1949, 1952a, 1952b, 1954, 1973, 1973-1974) e J. Pais (1972, 1973a, 1973b, 1978, 1979, 1981, 1986, 1987, 1989, 1991, 2004; Pais *et al.*, 1999, em publicação). Os primeiros estudos palinológicos em Portugal foram realizados por M. Montenegro de Andrade (1944, 1945); foram prosseguidos, no que respeita o Plio-Quaternário, por F. Diniz, a partir de 1965. Mais recentemente, L. Castro (Sousa & Pais 2002, 2003, 2004; Castro, 2006) estudou a palinologia, em especial os dinoflagelados, do Miocénico do sector distal da Bacia do Baixo Tejo.

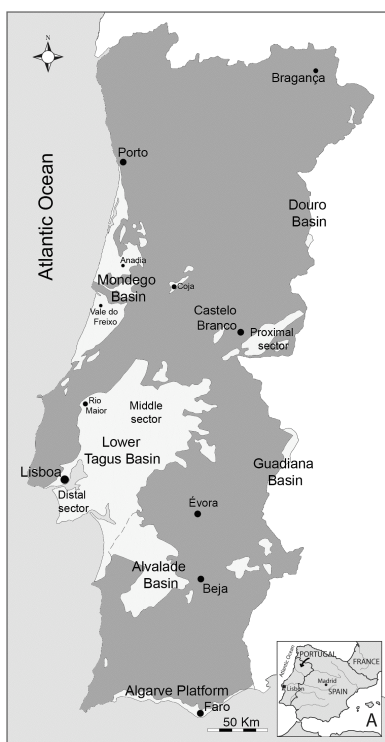


Fig 1 - Bacias cenozóicas de Portugal (Pais *et al.*, em publicação).

Dados paleobotânicos relativos ao Pliocénico têm sido obtidos dos depósitos da pequena depressão de Rio Maior. Algum material provém de Vale do Freixo (3,7 a 2,8 Ma, Zanciano superior a Placenciano inferior) e da região de Anadia, na Bacia do Mondego (Fig. 1). Em Rio Maior, depósitos arenosos sobrepostos por diatomitos e lignitos têm sido atribuídos ao Pliocénico. Os diatomitos de Abum forneceram associação rica de macrorrestos só em parte estudada por C. Teixeira (1942b, 1944a, 1944b, 1954, 1973-74) e J. Pais (1987). Os palinomorfos são abundantes e diversificados (Diniz, 1965, 1967, 1969, 1972, 1984a, 1984b, 2003; Diniz & Sivak, 1979; Diniz & Mörner, 1995; Fauquette *et al.*, 1999). Apesar da riqueza de pólenes e de esporos, a idade foi proposta por correlação com outras regiões, incluindo com o nível com nanofósseis marinhos (NN16, Pliocénico superior) e palinomorfos de Vale do Freixo (Pombal) (Diniz, 1984a, 1984b). Recentemente, foi apresentado estudo paleomagnético (Diniz & Mörner, 1995; Diniz, 2003) de dois cortes em Abum (1 e 2), correspondentes à parte alta dos depósitos de diatomitos. Foi reconhecido uma zona de polaridade normal nas duas secções e que foi interpretada como respeitante à Época Gauss e uma

zona de polaridade inversa registada no topo de Abum 1 como correspondente à Época Matuyama. A inversão Gauss-Matuyama corresponde ao limite Placenciano - Gelasiano (2.58 Ma). Os palinomorfos de Rio Maior têm sido considerados contemporâneos de associações da região de Montepellier (França) e da Holanda (Suc *et al.*, 1995; Fauquette *et al.*, 1999; Suc *et al.*, 1999). F. Diniz (1984a; 1984b; 2003) considera que os depósitos pantanosos da parte inferior das sondagens estudadas datariam do Pliocénico inferior e o final da sedimentação lacustre situar-se-ia próximo do limite Plio-Plistocénico. Recentemente, têm vindo a ser estudados por M. Vieira novas jazidas pliocénicas em Anadia, Vale do Freixo, Barracão, Óbidos e Praia da Vitória.

### Mudanças na vegetação e no clima durante o Miocénico

Mais de 30 jazidas distribuídas pelo Miocénico da Bacia do Baixo Tejo permitiram reconhecer mais de 150 taxa.

Durante o Aquitaniano, dominaram plantas tropicais e subtropicais: *Magnolia*, *Bombax*, Sapotaceae, Araliaceae, *Nyssa* e *Pterocarya* eram comuns. As plantas de florestas de planície e de baixa montanha, tais como *Quercus*, *Ulmus* e *Platycarya* estão bem representadas. *Ephedra* é frequente nos depósitos mais baixos tornando-se escassa depois. Os fetos (*Pteris*, Schizeaceae, Polypodiaceae) são frequentes nos depósitos mais antigos mas rareiam no

Burdigaliano inferior. *Engelhardia* e Hamamelidaceae eram, então, relativamente frequentes. Os macrorrestos mostram o predomínio de folhas de margem inteira como *Magnolia oedipa*. A floresta devia ser de tipo mesofítico misto e desenvolver-se sob clima subtropical, menos húmido do que no Aquitaniano.

No Burdigaliano inferior (anterior a 19 Ma) houve incremento de *Bombax*, *Myrica*, *Quercus* e *Alnus*. *Cathaya* era comum. O clima era mais quente e húmido do que no Aquitaniano. Entre os macrorrestos, *Salix* sp., *Populus serrulatus*, *Ulmus* sp. e *Hylodesmum podocarpum*, sugerem florestas mesofíticas mistas. Este reaquecimento continuou no Burdigaliano médio. Esporos de Bryophyta, Polypodiaceae, Pteridaceae, Gleicheniaceae e Schizeaceae eram os mais frequentes. As coníferas eram menos abundantes do que no Burdigaliano inferior. *Cathaya* estava bem representada. *Bombax* e Sapotaceae atingiram o apogeu. *Engelhardia*, *Myrica*, Aerialiaceae, *Diospyros*, bem como *Alnus*, *Corylus* e *Castanea/Castanopsis* eram comuns. O clima devia ser bastante quente e húmido, talvez subtropical.

No início do Burdigaliano superior, a vegetação era rica de formas subtropicais e temperadas tal como é demonstrado pelos macrorrestos: *Lygodium gaudini*, *Myrica* cf. *lignitum*, *Comptonia acutiloba*, *Populus serrulatus*, *Ulmus bronnii*, *Zelkova zelkovaefolia*, *Sapindus falcifolius*, *Daphnogene polymorpha*, *Magnolia oedipa*, *M. kristinae* e *Hylodesmum podocarpum*. *Cathaya*, Sapotaceae e Lauraceae tornaram-se raras. A fisiognomia foliar revela 5,6% de leptófilos, 22% de nanófilos, 61,1 % de micrófilos e 11,1% de notófilos (Pais, 1981; 1999; Antunes *et al.*, 1999). Estes dados sugerem vegetação de baixa montanha desenvolvida sob clima temperado quente e húmido. A morfologia foliar revela que 55% das plantas tinham folhas inteiras o que sugere clima húmido subtropical a temperado quente. No final do Burdigaliano, esta flora foi substituída por outra com características que apontam para clima mais húmido e quente (presença de *Engelhardia* e Sapotaceae, abundância de *Castanea/Castanopsis* e *Quercus*).

No Langhiano, as plantas subtropicais e temperadas prevaleciam; ocorrem as últimas *Magnolia oedipa*; *Terminalia miocenica* sugere floresta galeria. Fragmentos de troncos de *Rutoxylon* sp., e de outros com estrutura traumática, sugerem mudanças ambientais bruscas. Estes troncos, a presença de *Tamaricoxylon* cf. *africanum* e a fisiognomia foliar, indicam clima quente e seco. *Pinus* sp., *Salix* sp., *Populus serrulatus*, *Celtis lacunosa*, Cf. *Decodon gibbosus*, *Stratiotes* sp. e *Hylodesmum podocarpum* estão representadas entre os macrorrestos.

Estas condições alteraram-se no Serravaliano. Passam a ser frequentes formas tropicais húmidas, como *Toddalia maii*, *Spiromatospermum wetzeleri* e Sapotaceae, associadas a plantas aquáticas e/ou ribeirinhas como *Taxodium*, *Nuphar*, *Stratiotes kaltennordheimensis*, *Alnus*, *Myrica ceriferiformis* e *Sparganium*. Também estão representadas *Celtis lacunosa*, *Castanea*, *Corylus*, *Platycarya*. *Bombax* era muito raro. O clima devia ser menos quente que antes mas muito mais húmido.

Troncos silicificados de *Annonoxylon teixeirae* (*Xylopi* sp.?) e de *Quercus suber*, alguns de grande tamanho, são frequentes no sector intermédio da BBT. Aí, ocorrem plantas de florestas temperadas: Cf. *Decodon gibbosus*, *Populus alba*, *P. serrulatus*, *Salix lavateri*, *Carpinus* cf. *orientalis*, *Castanea atavia*, *Quercus*, *Ulmus bronnii*, *Acer decipiens*, *A. tricuspidatus*, *Daphnogene polymorpha*, *Nelumbo* sp., *Cercidiphyllum crenatum*, *Hylodesmum podocarpum*, *Trapa* cf. *natans*. A associação comporta 33,3 % de plantas com folhas de margem inteira; é compatível com florestas de clima temperado quente com estação seca bem marcada. A datação destas jazidas não é muito rigorosa mas, por correlação com depósitos do sector distal da BBT, devem corresponder ao final do Miocénico inferior a início do Miocénico médio.

Na Europa, Jiménez-Moreno & Suc (2007) reconheceram gradiente climático latitudinal entre clima seco, com ambientes de estepe no S de Espanha, até ambientes amenos no E do centro de França e na Suíça. Os elementos subdesérticos desaparecem gradualmente com incremento das formas com maior necessidade de água. Há um claro arrefecimento quando se

comparam os registos do Langhiano com os do Miocénico superior e do Pliocénico inferior; corresponde ao “Monterey Cooling Event”, registado depois do óptimo climático do Burdigaliano superior e do Langhiano (Jimenez-Moreno *et al.*, 2005).

No Tortoniano, formas temperadas, como Oleaceae, *Quercus*, *Ilex*, *Salix* e Umbelliferae prevaleceram a par de *Engelhardia* e *Myrica*. O clima era temperado, com estações contrastadas e com influência atlântica (Pais, 1981; 1986; Antunes & Pais, 1984; Antunes *et al.*, 1992). Não há dados referentes às plantas do Messiniano em Portugal.

### **Vegetação e climas no Pliocénico**

F. Diniz (2003), levando em conta as correlações climatostratigráficas com o N da Europa e o NW do Mediterrâneo, considera que a deposição dos diatomitos e lignitos de Rio Maior ocorreu durante o Zancleano e o Placenciano, situando-se o topo próximo da passagem ao Gelasiano. As análises polínicas de duas sondagens permitiram-lhe reconhecer 9 associações florísticas (A a I). Os níveis correspondentes à associação G forneceram os macrorrestos estudados por C. Teixeira e J. Pais (Teixeira & Pais, 1976; Pais, 1986).

Segundo F. Diniz (1984a), as associações de plantas vivendo nas proximidades do lago eram particularmente ricas. As plantas aquáticas herbáceas (*Typha*, *Potamogeton*, *Sparganium*, *Myriophyllum*, *Nuphar*, etc.), os arbustos (Clethraceae-Cyrillaceae, *Myrica*, *Symplocos*, *Nyssa*, algumas Ericaceae) e raras árvores (*Taxodium*, *Glyptostrobus*, *Salix*, *Populus*, *Alnus*) estão bem representadas. Algumas associações correspondem a comunidades de ambientes pantanosos. A envolver estes conjuntos, desenvolviam-se associações arbóreas com *Magnolia*, *Castanea/Castanopsis*, Palmae, *Quercus*, *Engelhardia*, *Myrica*, *Symplocos*, *Nyssa sinensis*, Sapotaceae, *Sequoia*, Hamamelidaceae, *Cathaya*, árvores decíduas como *Carya*, *Acer*, *Juglans*, *Quercus*, *Liquidambar*, e raros *Ulmus/Zelkova*, *Platanus*, *Ostrya*, *Carpinus* e *Tilia*. Também estão representados *Pinus* e Cupressaceae. As coníferas (*Pinus*, *Tsuga*, *Sciadopitys*, *Sequoia*, Cupressaceae, *Abies*, *Picea*, *Cedrus* e *Ketelleria*) e *Betula* predominavam nas montanhas. Havia táxones mediterrânicos (*Cistus*, *Myrtus*, *Olea*, *Phillyrea*, etc.).

A evolução do clima em Portugal no Pliocénico, inferida a partir dos palinomorfs de Rio Maior, revela oscilações com fraca amplitude devido, provavelmente, à baixa latitude e à influência do Atlântico. A importância das flutuações aumenta para o topo das sondagens. A curva térmica manteve o mesmo padrão com pequenas oscilações. A pluviometria parece ter variado, progressivamente, para diminuição de dias de chuva no verão; esta situação originou climatogramas semelhantes aos actuais das ilhas dos Açores, Madeira e Canárias (Diniz, 1984). As principais oscilações situam-se no limite entre as associações D e F e F e G; a última, correspondente à rarefacção, ou desaparecimento, das formas mais termófilas (Diniz, 1984). A associação mais recente (I) representa arrefecimento significativo, com desenvolvimento de plantas herbáceas e rarefacção de formas arbóreas, excepto *Alnus*. O clima devia ser próximo do actual de Portugal, com temperatura média anual de cerca de 15° C, com pequeno contraste sazonal, e a precipitação devia exceder 1000 mm anuais distribuídos pelas estações menos quentes. Há claro decréscimo de temperatura relativamente à associação anterior (H). Os macrorrestos revelam a presença de pinheiros diversos, incluindo *P. fluvimajoricus* e *P. praepinaster* com afinidades americanas, *Pinus* cf. *halepensis*, e *P. sp.* semelhante a *P. canariensis* (Pais, 1987), e de elementos mediterrânicos (*Chamaerops humilis*, *Carpinus*, *Quercus faginea*, *Smilax* sp., *Viburnum tinus*) (Teixeira, 1944a, 1954, 1973a, b, 1973-74, Teixeira & Pais, 1976).

### **Conclusões**

Os macrorrestos de plantas e o registo palinológico constituem importante fonte de informação relativamente às mudanças dos climas em Portugal durante o Neogénico.

No Miocénico, a vegetação indica um decréscimo progressivo na temperatura e humidade médias, com oscilações para maior secura nos intervalos com níveis marinhos baixos

(Burdigaliano inferior e superior, Tortoniano). No Langhiano registou-se episódio de aridez. Nos intervalos correspondentes aos níveis marinhos altos, o clima foi mais húmido (Burdigaliano médio, Serravaliano) (Fig. 2). Não existe, em Portugal, informação disponível relativamente ao Messiniano.

No Aquitaniano, predominaram as plantas de clima tropical e subtropical. Estão bem representadas formas de planície e de baixa montanha.

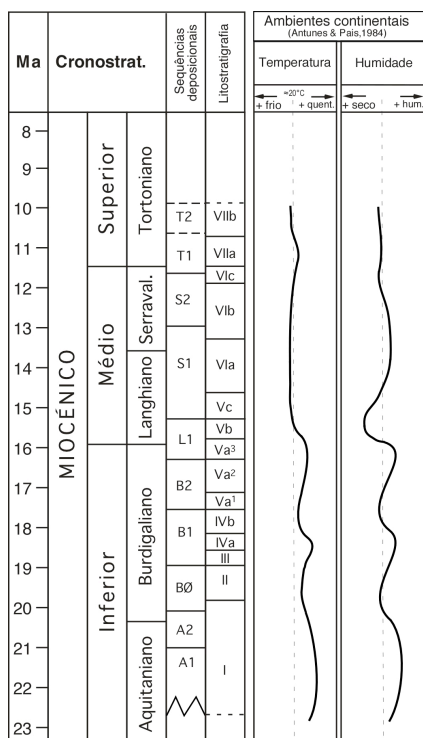


Fig. 2 - Variação média de temperatura e de humidade no Miocénico da Bacia do Baixo Tejo (Portugal) (adaptado de Antunes & Pais, 1984; Antunes *et al.*, 2000).

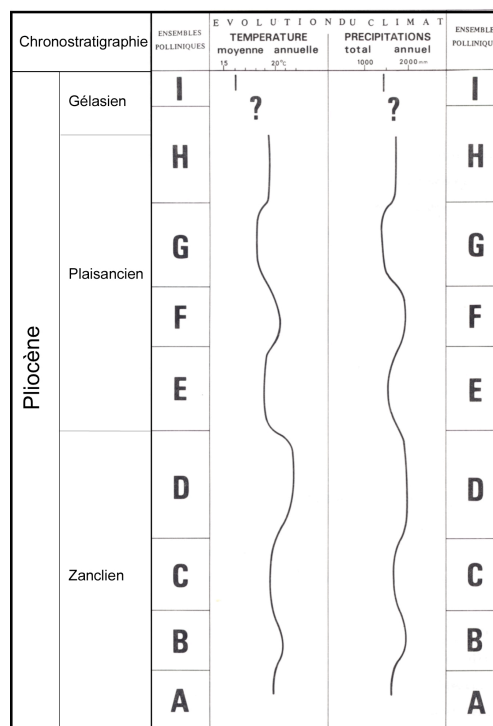


Fig. 3 - Variação média de temperatura e de humidade no Pliocénico segundo dados das sondagens de Rio Maior (adaptado de Diniz, 1984, 2003).

No Burdigaliano inferior (anterior a 19 Ma), o clima era mais quente e húmido do que no Aquitaniano. Havia florestas mesofíticas mistas. O reaquecimento continuou no Burdigaliano médio. O clima era quente e húmido, talvez subtropical. No início do Burdigaliano superior a vegetação de baixa montanha desenvolvia-se sob clima temperado quente e húmido. No final do Burdigaliano a flora aponta para clima mais húmido e quente.

No Langhiano, a abundância de troncos silicificados, alguns com estrutura traumática, sugerem mudanças ambientais súbitas. O clima passou, provavelmente, a quente e seco.

Estas condições alteraram-se no Serravaliano. O clima foi menos quente que antes mas muito mais húmido.

No Tortoniano o clima tornou-se temperado, com estações contrastadas e com influência atlântica. Não há dados referentes às plantas do Messiniano em Portugal.

Quanto ao Pliocénico, o clima foi controlado pelo Atlântico e pelo Mediterrâneo. As oscilações climáticas foram moderadas e controladas pela humidade (Fig. 3). Comparativamente com o Miocénico, houve reaquecimento no Zanciano, seguido de decréscimo progressivo de temperatura e humidade ao longo do Placenciano inferior. No Placenciano médio houve novo aquecimento a que se seguiu degradação do clima que conduziu ao regime mediterrânico. A temperatura média caiu de cerca de 20° C no Zanciano e Placenciano para cerca de 15° C no Gelasiano.

## Referências

- Andrade, M. M. (1944) - "Estudo polínico de algumas formações turfolignitosas portuguesas". *Pub. Mus. Lab. Min. Geol. Fac. Ciênc. Porto*, nº XXXVII, 2ª sér., pp. 5-11.
- Andrade, M. M. (1944) - "Contribuição da análise polínica para o conhecimento do género *Pinus* no Pliocénio superior português". *Bol. Soc. Geol. Portugal*, vol. IV, pp. 1-6.
- Antunes, M. Telles, Legoinha, P., Cunha, P., Pais, J. (2000) – "High resolution stratigraphy and Miocene facies correlation in Lisbon and Setúbal Peninsula (Lower Tagus basin, Portugal)". *Ciências da Terra*, vol. 14, pp. 183-190.
- Antunes, M. T., Pais, J. (1984) - "Climate during Miocene in Portugal and its evolution". *Paléob. Cont.*, vol. XIV(2), pp. 75-89.
- Antunes, M.T., Pais, J., Balbino, A., Mein, P., Aguilar, J.P. (1999) - "The Cristo Rei section (Lower Miocene). Distal fluvialite environments in a marine series, plants, vertebrates and other evidence, age". *Ciências da Terra*, vol. 13, pp. 141-155.
- Antunes, M. T.; Soulié-Märsche, I.; Mein, P. & Pais, J. (1992) - Le gisement de Asseiceira (Miocène supérieur). Paléontologie, apports stratigraphiques et écologiques. Données complémentaires sur Freiria de Rio Maior, comparaisons. *Ciências da Terra*, vol. 11, pp. 219-253.
- Castro, L.N.S.P. (2006) – "*Dinoflagelados e outros palinóforos do Miocénico do sector distal da Bacia do Baixo Tejo*". Dissertação de Doutoramento, Universidade Nova de Lisboa, 380 p.
- Diniz, F. (1965) - "Note préliminaire sur la flore pollinique du gisement d'Espadanal à Rio Maior (Portugal)". *Pollen Spores*, nº 7, pp. 373-380.
- Diniz, F. (1967) - "Une flore tertiaire de caractère Méditerranéen au Portugal". *Rev. Palaeob. & Palynol.*, nº 5, pp. 263-268.
- Diniz, F. (1969) - "Ombellifères pliocènes de Rio Maior (Portugal)". *Nat. Monsp.*, sér. Bot., vol 20, pp. 77-88.
- Diniz, F. (1972) - "Notas palinológicas sobre formações Ceno-antropozóicas portuguesas. I – O espectro polínico de Pampilhosa do Botão". *Bol. Mus. Lab. Min. Geol. Fac. Ciênc. Lisboa*, vol.13 (1), pp. 83-95.
- Diniz, F. (1984a) - "*Apports de la palynologie à la connaissance du Pliocène portugais. Rio Maior, un bassin de référence pour l'histoire de la flore, de la végétation et du climat de la façade atlantique de l'Europe meridionale*". Thèse, Univ. Sc. Techn. Languedoc., Montpellier, 230 p.
- Diniz, F. (1984b) Étude palynologique du bassin pliocène de Rio Maior (Portugal). *Paleobiol. Cont.*, XIV (2): 259-267.
- Diniz, F. (2003) - "Os depósitos detrítico-diatomíticos de Abum (rio Maior). Novos aspectos paleoflorísticos e implicações paleoclimáticas". *Ciências da Terra*, nº especial V, p. 7, CDRom A49-A52.
- Diniz, F., Mörmér, N-A. (1995) - "The Reuverian / Pretiglian transition in Rio Maior, Portugal". *XIV Int. Cong. INQUA, Schriften der Alfred-Wegener-Stiftung*, nº 2/95, pp. 64.
- Diniz, F., Sivak, J. (1979) - "Informations chronologiques sur les dépôts de Rio Maior (Portugal) à partir de l'étude de la microflore". *Paleobiol. Cont.*, vol.X (2), pp. 1-9.
- Fauquette, S., Suc, J.P., Guiot, J., Diniz, F., Feddi, N., Zheng, Z., Bessais, E., Drivaliari, A. (1999) - "Climate an biomes in the west mediterranean area during the Pliocene". *Palaeog., Palaeoclimatol. & Palaeoecol.*, vol. 152, pp. 15-36.
- Heer, O. (1880) - "Aperçu sur la flore tertiaire du Portugal". *C.R. 9ème sess. Cong. Int. Anthr. Arch. Pré.*, pp. 119-128.
- Heer, O. (1881) - "Contributions à la flore fossile du Portugal". *Mem. Serv. Geol. Portugal*, pp. 1-51.
- Jimenez-Moreno, G., Rodríguez-Tovar, F., Pardo-Igúzquiza, E., Fauquette, S., Suc, J.P., Müller, P. (2005) - "High-resolution palynological analysis in early-middle Miocene core from the Pannonian Basin, Hungary: climatic changes, astronomical forcing and eustatic fluctuations in Central Paratethys". *Palaeogeogr., Palaeoclimat. & Palaeoecol.*, vol. 216, pp. 73-97.
- Jiménez-Moreno, G., Suc, J.P. (2007) - "Middle Miocene latitudinal climatic gradient in Western Europe: evidence from pollen records". *Palaeogeogr., Palaeoclimat. & Palaeoecol.*, vol. 253, pp. 208-225.
- Legoinha, P., Sousa, L., Pais, J., Ferreira, J., Amado, A. R. (2004) - "Miocene lithological, foraminiferal and palynological data from the Belverde borehole (Portugal)". *Rev. Esp. Paleont.*, nº19 (2), pp. 243-250.
- Pais, J. (1972) - "Fósseis de *Quercus suber* L. provenientes de formações cenozóicas continentais do Alentejo". *Bol. Mus. Lab. Min. Geol. Fac. Ciênc. Lisboa*, vol.13(1), pp. 35-41.
- Pais, J. (1973a) - "Vegetais fósseis de Ponte de Sor". *Bol. Soc. Geol. Portugal*, vol. XVIII, pp. 123-135.
- Pais, J. (1973b) - "Sur un bois d'Annonaceae tertiaire du Portugal: *Annonoxylon teixeirae* n. sp.". *Bol. Soc. Geol. Portugal*, vol. XVIII, pp. 171-178.
- Pais, J. (1978) - "Contributions à la Paléontologie du Miocène moyen continental du Bassin du Tage. V - Végétaux de Póvoa de Santarém (note préliminaire)". *Ciências da Terra*, vol. 4, pp. 103-108.
- Pais, J. (1979) - "Végétation de la basse vallée du Tage (Portugal) au Miocène". *Ann. Geol. Pays Helleniques*, vol. h.s., fasc. II, pp. 933-942.
- Pais, J. (1981) - "*Contribuição para o conhecimento da vegetação miocénica da parte ocidental da bacia do Tejo*". Dissertação de Doutoramento, Universidade Nova de Lisboa, 328 p.
- Pais, J. (1986) - "Évolution de la végétation et du climat pendant le Miocène au Portugal". *Ciências da Terra*, vol. 8, pp. 179-191.
- Pais, J. (1987) - "Macrorrestos de gimnospérmicas dos diatomitos de Rio Maior (Portugal)". *Vol. Hom. O. Veiga Ferreira*. Ed. Delta, pp. 51-66.
- Pais, J. (1989) - "Evolução do coberto florestal em Portugal no Neogénico e no Quaternário". *Com. Serv. Geol. Portugal*, vol. 75, pp. 67-72.
- Pais, J. (1991) - "Caules de Vila Velha de Rodão: *Annonoxylon teixeirae* Pais 1973". *Bol. Inform. Núcl. Reg. Invest. Arqueol.*, Vila Velha de Rodão, nº 7, pp. 1-2.
- Pais, J. (2004) - "The Neogene of the Lower Tagus Basin (Portugal)". *Rev. Esp. Paleont.*, vol. 19 (2), pp. 229-242.
- Pais, J.; Castro, L.; Vieira, M. & Barrón, E. (em publ.) - "Miocene and Pliocene plants and paleoclimates. Evidence from Portugal and Spain". *Mem. Acad. Ci. Lisboa*, in print.
- Pais, J., Pais, C., Pereira, V., Barbosa, B. (1999) - "Areias de Vale de Santarém. Estratigrafia e palinologia". *Ciências da Terra*, vol. 13, pp. 23-34.
- Sousa, L., Pais, J. (2002) - "First data on the palynology of the Belverde Borehole (Lower Tagus Basin, Setúbal Peninsula, Portugal)". *XIV Simp. Palin. Asoc. Palinól. Leng. española* (APLE), Libro de resúmenes, Salamanca, pp. 144-146.

- Sousa, Lúcia, Pais, J. (2003) - "Palinórfos do Miocénico da sondagem de Belverde (Bacia do Baixo Tejo, Portugal) - resultados preliminares". VI Cong. Nac. Geologia, *Ciências da Terra*, Lisboa, nº esp. V: 20, CDRom A158-A161.
- Sousa, L., Pais, J. (2004) - "Palynostratigraphic analysis of the Belverde borehole (Miocene), Lower Tagus Basin, Portugal". *Pollen*, Madrid, nº 14, pp. 415-416.
- Suc, J. P., Diniz, F., Leroy, S., Poumot, C., Bertini, A., Clet, M., Bessais, E., Ferrier, J. (1995) - "Zanclean (~Brussumian) to early Piacenzian (~ early-middle Reuverian) climate from 4° to 54° north latitude (West Africa, West Europe and West Mediterranean)". *Mededelingen Rijks Geologisch Dienst*, Netherlands, vol 52, pp. 43-56.
- Suc, J. P., Fauquette, S., Bessedik, M., Bertini, A., Zheng, Z., Clauzon, G., Suballyova, D., Diniz, F., Quezel, P., Feddi, N., Clet, M., Bessais, E., Taoufiq, N. B., Meon, H., Combourieu-Nebout, N. (1999) - "Neogene vegetation changes in west european and west circum-mediterranean areas". In Agusti, J., Rook L., Andrews, P. (ed.) - "*Hominid Evolution and Climatic Change in Europe*" vol 1: Climatic and Environmental Change in the Neogene of Europe". Cambridge Univ. Press, pp. 378-388.
- Teixeira, C. (1942a) - "Présence du *Lygodium gaudini* Heer dans quelques formations tertiaires du Portugal". *Pub. Mus. Lab. Min. Geol. Fac. Ciên. Porto*, 1ª sér., nº 25, pp. 8 p.
- Teixeira, C. (1942b) - "Sobre a existência de Palmeiras do género *Sabal* no Pliocénico português". *Bol. Soc. Port. Scien. Nat.*, vol. 14 (28), pp. 135-138.
- Teixeira, C. (1944a) - "Pinheiro fóssil do Pliocénico de Rio Maior". *Bol. Soc. Brot.*, 2ª sér., vol. 19, pp. 201-209.
- Teixeira, C. (1944b) - "Sequóia fóssil do Cenozóico português". *Pub. Mus. Lab. Min. Geol. Fac. Ciên. Porto*, 2ª sér., nº 33, pp. 1-8.
- Teixeira, C. (1944c) - "A expansão do *Pinus sylvestris* L. no Sudoeste da Europa e a mudança climática dos fins do Pliocénico". *Pub. Mus. Lab. Min. Geol. Fac. Ciên. Porto*, 2ª sér., nº 35, pp. 1-10.
- Teixeira, C. (1944-1947) - "Flora fóssil de Archino (Alenquer)". *Bol. Soc. Port. Ciên. Nat.*, vol. 16, pp. 71-74.
- Teixeira, C. (1946) - "Revisão da flora fóssil de Azambuja". *Pub. Mus. Lab. Min. Geol. Fac. Ciên. Lisboa*, 4ª série, vol. 14, pp. 121-134.
- Teixeira, C. (1947a) - "Flora de Sra. de Saúde. Santarém". *Com. Serv. Geol. Portugal*, vol. XXXVIII, pp. 145-147.
- Teixeira, C. (1947b) - "Flora pliocénica de Montijo". *Com. Serv. Geol. Portugal*, vol. XXXVIII, pp. 213-216.
- Teixeira, C. (1949) - "Flora fóssil do Pliocénico do Alentejo". *Com. Serv. Geol. Portugal*, vol. XXX, pp. 43-58.
- Teixeira, C. (1952a) - "Flora fóssil das argilas de Vale de Carros (Alpiarça)". *Com. Serv. Geol. Portugal*, vol. XXXII, pp. 11-14.
- Teixeira, C. (1952b) - "Flora fóssil do Pliocénico de Vale de Santarém". *Com. Serv. Geol. Portugal*, vol. XXXIII, pp. 51-64.
- Teixeira, C. (1954) - "A palmeira anã - *Chamaerops humilis* L. - no Pliocénico português". *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.*, Vol. homenagem a F. Hernandez Pacheco, pp. 659-662.
- Teixeira, C. (1973a) - "Quelques cônes de pin fossiles du Miocène portugais". *Bol. Soc. Geol. Portugal*, vol. XVIII, pp. 151-154.
- Teixeira, C. (1973b) - "*Oreodaphne heeri* Gaud. une nouvelle espèce fossile du Pliocène de Rio Maior". *Bol. Soc. Geol. Portugal*, vol. XVIII, pp. 147-149.
- Teixeira, C. (1973-74) - "Sur la présence de *Pittosporum* dans le Pliocène du Portugal". *Rev. Fac. Ciênc. Lisboa*, 2ª série, C, nº 11(2), pp. 599-601.
- Teixeira, C. & Pais, J. (1976) - "Introdução à paleobotânica. As grandes fases da evolução dos vegetais". Ed. autores, 210 p.